



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88120054.7

(51) Int. Cl. 4: A61M 1/34

(22) Anmelddatum: 01.12.88

(30) Priorität: 19.12.87 DE 3743272

(71) Anmelder: Fresenius AG
Gluckensteinweg 5
D-6380 Bad Homburg v.d.H.(DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.06.89 Patentblatt 89/26

(72) Erfinder: Kapeky, Ulrich, Dr.
Peter-Thumb-Strasse 11
D-7808 Waldkirch(DE)
Erfinder: Walter, Raimond, Dipl.-Phys.
Richard-Strauss-Strasse 1
D-8721 Röthlein(DE)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
ES FR IT

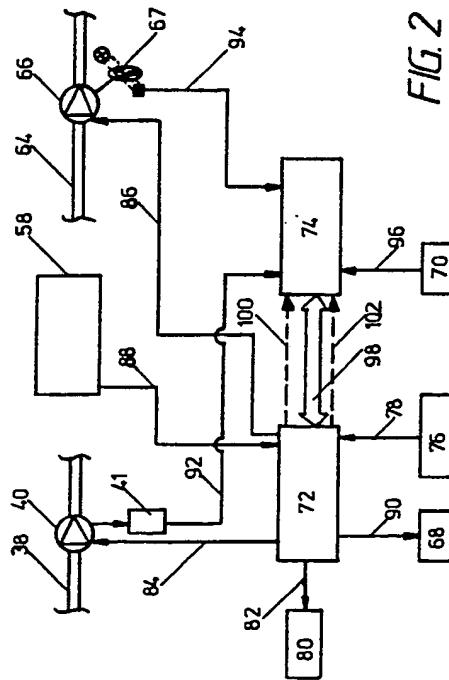
(74) Vertreter: Görtz, Dr. Fuchs, Dr. Luderschmidt
Patentanwälte
Sonnenberger Strasse 100 Postfach 26 26
D-6200 Wiesbaden(DE)

(54) Verfahren zum Erkennen eines ersten Fehlers bei einer Blutbehandlung sowie Vorrichtung hierfür.

(57) Verfahren zur Überwachung der Hämodiafiltration, bei dem eine Initialprüfung einer Ultrafiltratpumpe (40) einerseits und einer Waage (58) andererseits mit Hilfe einer Überwachungseinrichtung (74) vorgenommen wird. Dabei wird von der Ultrafiltratpumpe (40) eine bestimmte Menge Ultrafiltrat auf die Waage (58) gefördert und das Wägeergebnis an die Überwachungseinrichtung (74) abgegeben. Zugleich wird die Anzahl der von der Ultrafiltratpumpe (40) erzeugten Takte an die Überwachungseinrichtung (74) abgegeben, die aus dem bekannten Pumpvolumen der Ultrafiltratpumpe (40) die geförderte Menge errechnet und das errechnete Ergebnis mit dem Wägeergebnis vergleicht. Nur wenn beide Werte übereinstimmen, wird die HDF-Maschine freigegeben.

Nach Start der Hämodiafiltration wird das aktuelle Wägeergebnis jeweils mit dem Rechenergebnis verglichen, das die Überwachungseinrichtung (74) aus Q_{UF} , Q_{Sub} und T (umzusetzende Ultrafiltratmenge und Substituatmenge sowie Behandlungszeit) zum aktuellen Zeitpunkt errechnet.

EP 0 321 754 A1



Verfahren zum Erkennen eines ersten Fehlers bei einer Blutbehandlung sowie Vorrichtung hierfür

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen eines ersten Fehlers bei einer Blutbehandlung, bei der im extrakorporalen Blutkreislauf einem Patienten eine vorbestimmte Menge Ultrafiltrat mittels einer Ultrafiltratpumpe durch einen Filter entnommen wird und zugleich dem Blut eine vorbestimmte Menge Substitutionsflüssigkeit zugeführt wird, wobei die Ultrafiltrat - und Substitutionsflüssigkeitsmengen mittels einer Waage gegeneinander bilanziert werden.

Des weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit einem Filter, der durch eine Membran in zwei Kammern geteilt ist, wobei durch die eine Kammer ein extrakorporaler Blutkreislauf und die andere Kammer mit einer Ultrafiltrationseinheit verbunden ist, mit der mittels einer Ultrafiltrationspumpe aus der anderen Kammer Ultrafiltrat entnommen wird, mit einer Substitutionseinheit, mit der mittels einer Substitutionspumpe dem Blutkreislauf eine Substitutionslösung zugeführt wird, mit einer Waage, die die zugeführte Ultrafiltratmenge und die abgeförderte Substitutatmenge gegeneinander bilanziert, sowie mit einer Steuereinheit zur Steuerung der Ultrafiltratpumpe und der Substitutatpumpe.

Bei der Hämodiafiltration wird eine Dialyse nierenkranker Patienten dadurch durchgeführt, daß eine Substitutionsflüssigkeit dem Blut des Patienten zugeführt wird, die durch die Membran eines Hämodiafilters in Form eines Ultrafiltrats wieder entnommen wird, wobei zugleich die zu entfernen Stoffwechselprodukte abgetrennt werden.

Die Ultrafiltration und die Substitution müssen gegeneinander ausgewogen sein, d. h. die zu- und abgeförderten Flüssigkeitsmengen müssen gegeneinander bilanziert werden.

Aus den DE-OSen 25 52 304 und 26 54 396 sind Hämodiafiltrationsvorrichtungen bekannt, die jeweils einen Behälter für die Substitutatlösung und einen Behälter für das Ultrafiltrat aufweisen. Diese Behälter sind jeweils auf einer Wägeanordnung angeordnet, deren Signale jeweils in einer entsprechenden Komparatorschaltung miteinander verglichen werden und anschließend eine Steuervorrichtung antreiben, die die Bilanzierung der gesamten Flüssigkeiten vornimmt.

Im Gegensatz hierzu schlägt die DE-OS 26 29 717 nur eine Waage bei einer solchen Hämodiafiltrationsanordnung vor.

Schließlich ist aus der DE-OS 31 32 790 eine Hämodiafiltrationsvorrichtung bekannt, die ebenfalls eine Waage aufweist, wobei das Wägeergebnis einer Steuervorrichtung zugeführt wird, die eine einzige Schlauchpumpe antreibt, in die sowohl die Ultrafiltratschlauchleitung als auch die Substitu-

atschlauchleitung eingelebt ist.

Eine geeignete Vorrichtung zur Bereitstellung der Dialysierflüssigkeit ist in der DE-OS 28 38 414 angegeben.

5 Sämtliche Vorrichtungen beschreiben nicht, wie sie einen ersten auftretenden Fehler sicher erkennen können. Dies ist insbesondere bei Schlauchpumpen notwendig, die in ihren Förderraten typischerweise um $\pm 10\%$ schwanken. Bei einer Substitutatmenge von 10 kg entspricht dies schon einem Bilanzierungsfehler von 1 kg, der bei einem Ausfall der Waage unbemerkt auftreten kann.

10 Noch tragischer ist ein erster Fehler der Waage (elektrisch oder mechanisch), da der Waagenwert zur Steuerung der Substitutatpumpe benutzt wird.

15 Erfindungsgemäß soll daher die Hämodiafiltrationsanordnung den Anforderungen der DIN VDE0750 Teil 1 und Teil 206 entsprechen.

20 Insofern liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen eines ersten Fehlers bei einer Blutbehandlung zur Verfügung zu stellen, bei denen Bilanzierungsfehler von typisch 1% sicher erkannt werden können, auch wenn ein an der Steuerung beteiligtes Gerät ausfällt.

25 Verfahrensgemäß wird diese Aufgabe mit dem Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst, während vorrichtungstechnisch die Aufgabe mit dem Gegenstand des Anspruchs 6 gelöst wird.

30 Damit können sicher Fehler in der Flüssigkeitsbilanzierung bei der Blutbehandlung, insbesondere bei der Hämodiafiltration erkannt werden, die größer als 1% vom Soll sind. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

35 Erfindungsgemäß wird zunächst vorteilhafterweise als Ultrafiltrationseinheit eine volumetrisch arbeitende Ultrafiltratpumpe eingesetzt, die durch eine hohe Ganggenauigkeit ausgezeichnet ist, beispielsweise 1% oder geringer. Zu solchen Pumpen gehören u.a. taktgesteuerte Membranpumpen, die je Hub eine bestimmte Menge Flüssigkeit fördern, beispielsweise 1 - 2 ml/Hub. Eine solche Pumpe zeichnet sich weiterhin durch eine geringe Fehleranfälligkeit bzw. Ausfallanfälligkeit aus.

40 Des weiteren wird erfindungsgemäß als Wägeeinrichtung vorteilhafterweise eine Waage eingesetzt, deren Ganggenauigkeit wenigstens 1 %o beträgt. Derartige Waagen weisen weiterhin während der Behandlungsdauer von drei bis vier Stunden keine nennenswerte Drift auf, müssen also regelmäßig nicht nachgeeicht werden.

45 Im übrigen wird vorteilhafterweise eine solche Waage erfindungsgemäß eingesetzt, die ihre Signale bereits elektronisch aufgearbeitet zur Verfü-

gung stellt, so daß die Signale unmittelbar in eine elektronische Auswerteeinheit eingegeben werden können.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vor dem Beginn der Dialysebehandlung zunächst eine Initialprüfung der Waage und der Ultrafiltrationspumpe durchgeführt. Hierbei wird die erfindungsgemäß bevorzugt eingesetzte Membranpumpe, deren Pumpvolumen/Hub bekannt ist, mit einer bestimmten Anzahl von Pumptakten, beispielsweise 40, angesteuert, woraufhin bei einem Pumpvolumen von 1 ml entsprechend 40 ml an die Waage abgegeben werden. Dieser Sollwert von 40 ml wird mit dem Wägeergebnis verglichen, woraufhin erst eine Freigabe dieser beiden Komponenten erfolgt, wenn die beiden Ergebnisse innerhalb des vorgegebenen Fehlerwertes übereinstimmen.

Desgleichen wird auch die Substituinpumpe einer Initialprüfung sowie einer Eichung unterzogen. Dies kann in entsprechender Weise dadurch erfolgen, daß das Wägeergebnis mit der Pumprate verglichen wird. Die Pumprate kann bei einer Membranpumpe durch die Hubzahl und bei einer peristaltischen Pumpe durch die Umdrehungszahl der Pumpachse vorgegeben sein.

Als Substituinpumpe kann auch eine peristaltische Schlauchpumpe eingesetzt werden, die infolge ihrer hohen Ganggenauigkeit von $\pm 10\%$ zu Beginn des Betriebs dadurch geeicht wird, daß die Zahl der Umdrehungen der Schlauchpumpe mit der von der Waage geförderten Flüssigkeitsmenge korreliert wird. Die ermittelte Förderrate je Umdrehung der Pumpe wird in die Auswerte- und Steuereinheit, nicht jedoch in die Überwachungseinheit eingegeben.

Unabhängig hiervon wird eine Überwachung der Umdrehung der Schlauchpumpe durchgeführt, dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß auf der Drehachse der Pumpe eine Kodierungsscheibe vorgesehen ist, die eine Vielzahl von Slitzen aufweist, die mit einer optoelektronischen Überwachungseinheit in Verbindung stehen, beispielsweise einer lichtemittierenden Diode und einem Lichtsensor, der die durchgelassenen Lichtpulse je Zeiteinheit ermittelt, d.h. es wird eine bestimmte Anzahl von Lichtsignalen mit einer bestimmten Fördermenge in Beziehung gesetzt.

Danach werden drei weitere Hauptparameter, nämlich die zu ultrafiltrierende Flüssigkeitsmenge Q_{UF} und die Behandlungsdauer T , in die Auswerte- und Steuereinheit als Sollwerte eingegeben. Die Menge der auszutauschenden Substitutionsflüssigkeit Q_{Sub} kann ebenfalls eingegeben werden, wird jedoch vorteilhafterweise von der Betriebseinheit, wie nachstehend erläutert, ermittelt und dem Schutzsystem mitgeteilt.

Diese drei Hauptparameter für die Bilanzierung werden auf folgendem Weg gebildet:

Die Menge der auszutauschenden Substitutionsflüssigkeit beispielsweise vier Beutel a 5 Liter Substitutionslösung, wird von der Betriebseinheit über die Waage ermittelt. Nachdem das Substituat 5 eingerichtet ist und quittiert wurde, übernimmt das Betriebssystem das Bruttogewicht auf der Waage, wobei das Gewicht der Leerbehälter wegtariert werden ist. Es ermittelt dabei unter Berücksichtigung der Beuteltara, des Gewichts des Substituatschlauches und der Sicherheitsrestmenge je Beutel 10 die tatsächliche Substitutionsflüssigkeitsmenge, wobei diese nach Abzug der im Initialtest verworfenen Menge in der Anzeige dargestellt wird. Dieses Datum Q_{Sub} wird vom Bediener auf Richtigkeit 15 überprüft und anschließend quittiert.

Hierauf erfolgt die Eingabe der Behandlungsdauer T in Stunden und Minuten.

Danach wird die Menge Q_{UF} der durch die Ultrafiltration dem Patienten zu entziehenden Flüssigkeit 20 eingegeben. Diese Daten werden vom Bediener bei der Eingabe im Display auf Richtigkeit überprüft und anschließend quittiert.

Mit der Start-Taste wird der Behandlungsbeginn ausgelöst, wobei die vorher eingegebenen 25 drei Parameter dem Schutzsystem übergeben werden.

Vorteilhafterweise weist die erfindungsgemäße Hämofiltrationsvorrichtung zwei Systeme in Form von Mikroprozessoren auf, wobei das eine System 30 als reines Betriebssystem ausgebildet ist und das andere System ein Schutzsystem darstellt. Beide Systeme errechnen unabhängig voneinander die sich aus den drei Parametern ergebenen restlichen für die Steuerung und Überwachung benötigten 35 Parameter, wie die Substituutrate, Filtratrate und Entzugsrate, um nach einem Kreuzvergleich die Behandlung freizugeben.

Die Zahlenwerte (Binärwerte) für die Raten werden für beide Systeme unterschiedlich bewertet. Das Betriebssystem bildet aus der Filtratrate (ml/min.) eine Frequenz, mit der die Ultrafiltratpumpe entsprechend angesteuert und getaktet betrieben wird.

Vorteilhafterweise fördert die Ultrafiltratpumpe 45 je Ansteuerimpuls 2 ml $\pm 1\%$. Die Ansteuerfrequenz wird mit Hilfe eines Timers gebildet, dessen Preset-Werte in einer Softwaretabelle in 1 ml-Stufen abgelegt sind. Mit einem entsprechenden Softwareprogramm wird also der Binärwert der Ultrafiltratrate in einen Zählerwert gewandelt und in den Baustein geschrieben. Der Timer erzeugt eine der Ultrafiltratrate proportionale Frequenz, die am Ausgang zur Verfügung steht.

Um ein gleiches Testverhältnis zu gewährleisten, ist dem Timerausgang eine Monostufe nachgeschaltet. Da das Schutzsystem ebenfalls die Ultrafiltratrate kennt, kann die Rückmeldung der Ultrafiltratpumpe in vorgegebenen Zeitabständen auf

umgekehrten Weg überprüft werden. Die Rückmeldeimpulse werden auf einen Zähler gegeben, der je Zeiteinheit die Impulsmenge proportional zur Filtratrate beinhaltet.

Erfindungsgemäß wird also vom Schutzsystem die Ultrafiltratleistung der Ultrafiltratpumpe aus der je Zeiteinheit abgegebenen Taktzahl der Ultrafiltratpumpe errechnet. Desgleichen wird das Wägeergebnis von der Waage entgegengenommen. Dieses aktuelle Wägeergebnis entspricht der tatsächlich zu diesem Zeitpunkt aufgenommenen Ultrafiltrationsmenge. Diese Ultrafiltrationsmenge wird verglichen mit dem zu Beginn eingegebenen Sollwert, d.h. mit der Sollultrafiltrationsrate.

Vorteilhafterweise kann dieser Ultrafiltrationswert noch mit dem Rückmeldeergebnis der Substituaptumpe verglichen werden. So wird aus der von der Substituaptumpe rückgemeldeten Umdrehungszahl die abgeförderte Substituamtmenge Q_{SUB} gebildet, die von der je Zeiteinheit ultrafiltrierten Menge Q_{UF} subtrahiert wird, worauf sich der Ultrafiltrationswert/Zeiteinheit ergibt. Dieser errechnete Ultrafiltrationswert muß mit dem von der Waage an das Schutzsystem abgegebenen Ultrafiltrationswert übereinstimmen. Sollte dies innerhalb der vorgegebenen Fehlergrenzen, beispielsweise 1% nicht der Fall sein, so wird ein entsprechender Alarm ausgelöst und die gesamte Vorrichtung stillgesetzt.

Einen Fehler bei der Ultrafiltration kann das Schutzsystem aufgrund der Kenntnis des UF-Sollwertes, mit dem das Betriebssystem die UF-Pumpe ansteuert, über die akkumulierten UF-Pumpenimpulse und das Wägeergebnis bis auf eine Abweichung von 2 Takten (2 ml) erkennen.

Zur Ansteuerung der Substituaptumpe wird ein Zahlenwert für die Substituaturate in einen Analogwert entsprechend dem bei der Ansteuerung verwendeten Spannungspotential gewandelt. Da die Fördermenge einer peristaltischen Schlauchpumpe neben der Drehzahl und dem Eingangsdruck außerdem noch von der Dicke des verwendeten Schlauches abhängt, wird die von der Pumpe geförderte Menge je Zeiteinheit gemessen und als Kalibriereinheit abgelegt, wie dies vorstehend erläutert worden ist. In dieser Füllphase läuft die Pumpe mit maximaler Drehzahl, so daß nach der Kalibrierung das Betriebssystem den entsprechenden binären Einstellwert für den D/A-Wandler bei der jeweiligen Fördermenge errechnen kann. Das Schutzsystem überwacht dabei diese Drehzahl über eine auf der Pumpenmotorachse angebrachten Takscheibe, wie dies ebenfalls vorstehend erläutert ist. Der ebenfalls vom Schutzsystem errechnete D/A-Wert wird über eine Tabelle in einen Frequenzwert gewandelt, der der Fördermenge proportional ist. Die Rückmeldung der Takscheibe wird auf einen Zähler gegeben, der in bestimmten

Zeitabständen gelesen wird. Da diese Frequenz durch die Regelung des Pumpenmotors leichten Schwingungen unterlegen ist, wird vorteilhafterweise aus mehreren Zählerzuständen, beispielsweise 8, ein Mittelwert gebildet, der mit dem abgelegten Tabellenwert verglichen wird.

Neben der Bilanzierung über die Substituaptumpe wird die Bilanz auf eine weitere Weise über das von der Waage abgegebene Gewicht überprüft. Da sowohl dem Betriebssystem als auch dem Schutzsystem der Gewichtszuwachs pro Zeiteinheit (Entzugsrate) bekannt ist, wird dieser vorteilhaft vom Betriebssystem und vom Schutzsystem zugleich überprüft. Bei einer Abweichung des Ist-Wertes vom berechneten Wert wird die Substituaptumpe in bestimmten Grenzen, beispielsweise $\pm 5 \text{ ml}$ nachgeregelt, um eine genaue Bilanzierung über die Behandlungszeit zu erreichen. Sofern ein Abdriften von mehr als 10 ml festgestellt wird, wird die Behandlung unterbrochen.

Ein Fehler der Substitutionsrate wird folgendermaßen festgestellt:

Das Schutzsystem kennt das von der Waage abgegebene Gewicht, den Ist-Wert der Drehzahl der Substituaptumpe sowie die Substitutions- und die Ultrafiltrationsrate.

Aus der Kenntnis der Soll-Substitutionsrate kann das Schutzsystem eine Grobüberwachung der Drehzahl der Substituaptumpe vornehmen, wobei "grob" auf die Schlauchtoleranzen zurückzuführen ist, die mit $\pm 10\%$ einzukalkulieren sind.

Des weiteren ist über die Kenntnis des Waagenwerts und der Soll-Ultrafiltrationsrate eine genaue Kontrolle der Substitutionsrate möglich. Insofern würde ein Fehler in der Waagenanzeige eine Drift der Substituaptumpendrehzahl bei vorgegebener Substitutionsrate zur Folge haben.

Aufgrund der vorgegebenen engen Grenzen der Feinregulierung weigert sich das Betriebssystem, eine über diese Grenzen hinausgehende Drift durch Anpassung der Drehzahl der Substituaptumpe zu kompensieren.

Andererseits überwacht das Schutzsystem eine eventuelle Drift der Substitutionsrate durch Integration der Förderrate der Substituaptumpe.

Geht nun der durch eine zeitintegrierte Abweichung der Substitutionsrate ermittelte Wert über einen vorbestimmten Wert hinaus, beispielsweise 15 ml absolut, so wird dies als Fehler erkannt, was zur Abschaltung der Vorrichtung führt.

Insofern muß das Schutzsystem nicht die absolute Fördergenauigkeit der Substituaptumpe, sondern nur deren Drift überwachen.

Erfindungsgemäß wird neben diesen beiden vorstehend beschriebenen Prüfungen der Bilanz vorteilhafterweise eine Kontrolle der beiden Systeme, nämlich des Betriebssystems und des Schutz-

systems in bestimmten Zeitabständen (Sekundenabständen) auf Funktionsfähigkeit vorgenommen. Dabei tauschen beide Systeme ihren aktuellen Statuszustand aus, wobei vorteilhaftweise eine bidirektionale Schnittstelle zu diesem Austausch eingesetzt wird. Sofern diese Querverbindung nicht aufrechterhalten werden kann bzw. erhebliche Abweichungen in den übermittelten Werten auftreten, wird die Behandlung abgebrochen.

Demzufolge wird erfahrungsgemäß vorteilhaftweise das Betriebssystem als Steuereinrichtung und das Schutzsystem als Überwachungseinrichtung eingesetzt, wobei sich beide Einrichtungen wechselseitig überwachen. Demzufolge steuert das Betriebssystem die Schlauchpumpe für das Substitut, die Ultrafiltratpumpe, eine Plattenheizung, mit der die Substitutionsflüssigkeit vorgewärmt wird, die Anzeigen (Displays) und eine Eingabetastatur für die Eingabevorrichtung. Des Weiteren bereitet es vorteilhaftweise das von der Waage abgegebene Wägesignal in einen verarbeitbaren Binärcode auf, der über eine gesonderte Leitung auch dem Schutzsystem als untergeordnetes Überwachungskriterium übermittelt wird.

Das Schutzsystem dagegen überwacht die Ultrafiltratpumpe, die Substitutpumpe und die vorstehend genannte Plattenheizung. Es korrespondiert außerdem im Sekundenrhythmus mit dem Betriebssystem über die CL-Schnittstelle und erkennt über Fehlsteuerungen auch einen "Ausfall" des Betriebssystems. Über diese Leitung werden auch Alarmzustände der Hämodiafiltrationsvorrichtung und eigene Fehler (Substitut, Ultrafiltrat und Heizung) übermittelt, um sie dem Bediener im Klartext anzeigen zu können.

Die Plattenheizung wird analog gesteuert und überwacht, das Betriebssystem schaltet lediglich die Heizung ein, während das Schutzsystem die Signalleitungen für Über- und Untertemperatur überprüft, wobei die Heizung bei Übertemperatur über ein Sicherheitsrelais selbst abgeschaltet wird.

Als Filter wird für die Hämodiafiltration ein Hämodialysator eingesetzt, der insbesondere eine hohe Flüssigkeitsdurchlässigkeit (high flux) aufweist und deshalb als Hämodiafilter bezeichnet wird. Für diese Zwecke ist durch die andere Kammer des Dialysators ein Dialysierflüssigkeitsweg belegt, an dessen Anfang eine Dialysierflüssigkeitsquelle vorgesehen ist. Vorteilhaftweise ist in dem Dialysierflüssigkeitsweg ein Bilanziersystem vorgesehen, den Dialysierflüssigkeitsweg und die andere Kammer gegenüber der Umgebung abschließt.

Außer für die Hämodiafiltration können das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung auch für die Hämofiltration und für die Plasmafiltration eingesetzt werden. Bei diesen Blutbehandlungsverfahren kommen dann als Filter Hämofilter oder Plasmafilter zum Einsatz, deren zweite

Kammer lediglich mit einer Ultrafiltrationseinheit verbunden ist.

Eine Ausführungsform der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung erläutert.

5

Es zeigen

Fig. 1 schematisch eine Hämodiafiltrationsanordnung gemäß der Erfindung und

Fig. 2 einen Ausschnitt aus der Hämofiltrationsanordnung gemäß Fig. 1, in dem die Steuereinheit und die Überwachungseinheit gesondert gezeigt sind.

15

In Fig. 1 ist mit (10) eine Hämodiafiltrationsvorrichtung gezeigt, die aus einem Dialysator (12) besteht, der durch eine Membran (14) in eine erste Kammer (16) und eine zweite Kammer (18) geteilt ist. Durch die erste Kammer ist ein Dialysierflüssigkeitsweg (20) gelegt, während durch die zweite Kammer ein Blutweg (22) gelegt ist.

Der Dialysierflüssigkeitsweg (20) weist ein Bilanziersystem (24) auf, das einerseits mit einer Zuleitung (25, 26) und andererseits einer Ableitung (27, 28) für die Dialysierflüssigkeit verbunden ist. Des Weiteren wird die Dialysierflüssigkeit aus einer Dialysierflüssigkeitsquelle (30) der Zuleitung (25, 26) zur Verfügung gestellt.

Ein derartiger Dialysierflüssigkeitsteil ist beispielsweise in der DE-OS 2838414 beschrieben, auf deren Offenbarung Bezug genommen wird. Zwischen dem Bilanziersystem (24), der Zuleitung (26), der ersten Kammer (16) und der Ableitung (27) liegt ein geschlossenes System vor, das zwei Bilanzkammern aufweist, die jeweils durch eine elastische Wand in zwei Kammern unterteilt sind. Beide Bilanzkammern werden wechselweise in den geschlossenen Kreislauf bzw. außerhalb des geschlossenen Kreislaufs geschaltet, wobei im letzten Fall die Bilanzkammer mit der Dialysierflüssigkeitsquelle einerseits und dem mit 32 gekennzeichneten Abfluß andererseits verbunden ist. Wie bereits festgestellt, dient der Einsatz einer derartigen Bilanzreinheit (24) zur Eröffnung eines geschlossenen Dialysierflüssigkeitskreislaufes für den Dialysator (12).

Des Weiteren sind die Zuleitung (26) und die Ableitung (27) mit einer Bypassleitung (34) verbunden, in die ein Bypassventil (36) eingeschaltet ist. Des Weiteren geht von der Zuleitung (26) eine Ultrafiltrationsleitung (38) ab, in die eine Ultrafiltrationspumpe (40) eingeschaltet ist.

Stromab dieser Verzweigung und der Bypassleitung (34) ist in die Zuleitung (26) ein Dialysatorventil (42) eingeschaltet, das in dem Gegentakt zum Bypassventil (36) betrieben wird.

Schließlich ist in der Ableitung (27) eine Dialy-

sierflüssigkeitspumpe (44) vorgesehen, mit der im geschlossenen Kreislauf die Dialysierflüssigkeit umgepumpt wird.

Der Blutweg (22) besteht aus einer Blutzuleitung (46), in die eine Bltpumpe (48) eingeschaltet ist, wobei das eine Ende (50) eine nicht gezeigte Blutzugangseinrichtung aufweist, während das andere Ende mit der zweiten Kammer (18) des Dialysators (12) verbunden ist.

Der Ausgang der zweiten Kammer (18) ist mit einer Blatabzugsleitung (52) verbunden, in die eine Tropfkammer (54) eingeschaltet ist, und deren anderes Ende (56) wiederum eine nichtgezeigte Blutzugangseinrichtung aufweist.

Eine Vorrichtung dieser Art wird beispielsweise von der Anmelderin unter der Bezeichnung A2008 vertrieben und ist in der vorstehend erwähnten DE-OS 2838414 beschrieben.

Um eine Hämofiltrationsvorrichtung (10) zu bilden, ist eine Waage (58) vorgesehen, auf der ein dem geschlossenen Dialysierflüssigkeitssystem entnommenes Ultrafiltrat einerseits und eine Substitutionsflüssigkeit andererseits bilanziert erfaßt werden.

Demzufolge weist die Waage (58) einen oder mehrere Behälter (60) zur Aufnahme von Ultrafiltrat und einen oder mehrere Behälter (62) zur Abgabe von Substitutionsflüssigkeit auf.

Dabei ist das Ende der UF-Leitung (38) mit dem UF-Behälter (60) verbunden, während vom Substitutionsflüssigkeitsbehälter (62) eine Substituitleitung (64) abgeht, in die eine Substituinpumpe (66), eine Heizeinrichtung (68) und ein Temperatursensor (70) eingeschaltet sind. Das andere Ende der Substituitleitung (64) ist mit der Tropfkammer (54) verbunden.

Bei der letztgenannten Verbindung handelt es sich um eine sog. Postdilution, d.h. das Blut wird stromab des Dialysators (12) mit der Substitutionsflüssigkeit verdünnt.

Andererseits ist jedoch aber auch die Verbindung der Substituitleitung (64) mit der Blutzuleitung (46) (Predilution) möglich.

In Fig. 2 ist dargestellt, wie die Ultrafiltrationspumpe (40), die Waage (58), die Substituinpumpe (66) und die Heizeinrichtung (68) mit einer Steuereinheit (72) und einer Überwachungseinheit (74) verbunden sind.

Die Steuereinheit (72) ist zunächst mit einer Eingabevorrichtung (76) über die Leitung (78) verbunden. Über diese Eingabevorrichtung (76) können die Behandlungszeit T, das zu entnehmende Ultrafiltrat Q_{UF} und die abgegebene Substituatenge Q_{Sub} , sofern notwendig, eingegeben werden.

Die Steuereinheit (72) ist weiterhin mit einer Anzeigeeinheit (80) über die Leitung (82) verbunden, mit der die eingegebenen Werte bzw. die aktuellen Daten angezeigt bzw. abgefragt werden

können.

Des weiteren ist die Steuereinheit (72) über die Steuerleitung (84) mit der Ultrafiltrationspumpe (40) und über die Steuerleitung (86) mit der Substituinpumpe (66) verbunden. Schließlich wird über die Signalleitung (88) das von der Waage (58) abgegebene Signal entgegengenommen.

Des weiteren ist die Steuereinheit (72) mit der Heizeinrichtung (68) über die Leitung (90) verbunden.

Die Überwachungseinheit (74) ist über eine Signalleitung (92) mit der Ultrafiltrationspumpe (40), über eine Signalleitung (94) mit der Substituinpumpe (66) und über eine Signalleitung (96) mit dem Temperatursensor (70) verbunden. Des weiteren sind die Steuereinheit (72) und die Überwachungseinheit (74) über eine bidirektionale Leitung (98) direkt verbunden und tauschen über diese Leitung ihre Daten aus.

Schließlich werden über die gestrichelt dargestellten Übermittlungsleitungen (100 und 102) die von der Waage (58) bzw. Eingabevorrichtung (76) in die Steuereinheit (72) eingegebenen Daten an die Überwachungseinheit (74) weitergegeben.

Die Steuereinheit (72) und die Überwachungseinheit (74) können in Form einer üblichen elektronischen Schaltung aufgebaut sein. Vorzugsweise sind sie jedoch in Form programmierbarer Mikroprozessoren aufgebaut.

Die Ultrafiltrationspumpe (40) ist im Beispieldfalle eine taktgesteuerte Hubkolben- oder Membranpumpe, die je Hub eine bestimmte Menge Flüssigkeit fördert. Die Frequenz, mit der die Ultrafiltrationspumpe (40), die im Beispieldfalle auch aus zwei oder mehreren Pumpeneinheiten aufgebaut sein kann, betrieben wird, wird von der Steuereinheit (72) entsprechend der Ultrafiltrationsrate aus Q_{UF} und T errechnet, bestimmt. Die Überwachungseinheit (74) übernimmt das Rückmeldesignal der Ultrafiltrationspumpe (40) aus einer Rückmeldeeinrichtung (41) und vergleicht dies mit dem aus den Eingabewerten errechneten Wert sowie mit dem über die Leitungen 88 und 100 abgegebenen Wägewert der Waage (58).

Dabei errechnen vorteilhafterweise die beiden Steuer- und Überwachungseinrichtungen (72 und 74) unabhängig voneinander in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer T, Q_{Sub} und Q_{UF} die Ultrafiltrationsrate sowie die Substituatenrate, mit der die beiden Pumpen (40 und 66) betrieben werden müssen. Über die bidirektionale Leitung 98 tauschen die beiden Einrichtungen 72 und 74 jeweils in bestimmten Zeitabständen diese Daten aus und vergleichen diese miteinander auf Plausibilität.

Des weiteren ist die Substituinpumpe (66) als peristaltische Pumpe ausgestaltet, die wegen ihrer relativ großen Ganggenauigkeit und des in sie eingelegten Schlauchsystems, das gewissen Ferti-

gungstoleranzen unterlegen ist, jeweils zu Beginn der Behandlung geeicht werden muß, wie dies bereits vorstehend beschrieben worden ist, worauf Bezug genommen wird. In Fig. 2 ist ein optoelektronisches Überwachungssystem (67) dafür gezeigt, das aus einer auf der Pumpenantriebsachse des Substituatpumpe (66) angeordneten Strichscheibe einer Lichtquelle und einem Lichtdetektor besteht.

Schließlich wird das Wägesignal in der Steuereinheit (72) - wie bereits vorstehend erwähnt - digital aufbereitet und danach über die Leitung (100) an die Überwachungseinrichtung (74) abgegeben.

Nach der Eichung der Substituatpumpe (66) kann die Überwachungseinheit (74) über das durch die Leitung (94) abgegebene Signal die von der Substituatpumpe (66) abgegebene Substituatmenge berechnen und löst bei einer vorgegebenen Abweichung von ± 5 ml eine Nachregelung der Substituatpumpe (66) aus, um eine genaue Bilanzierung über die Behandlungszeit zu erreichen. Diese Nachregulierung hat jedoch ihre Grenze bei einem Abdriften von mehr als 10 ml, so daß die Behandlung hierdurch unterbrochen wird.

Wie bereits vorstehend erwähnt, errechnet die Steuereinheit (72) aus der vorgegebenen Ultrafiltrationsrate (ml/min) eine Frequenz, mit der die Ultrafiltrationspumpe (40) angesteuert wird. Diese Ansteuerfrequenz wird mit Hilfe eines Timers gebildet, dessen Preset-Werte in einer Tabelle in 1 ml-Stufen abgelegt sind. Diese vom Timer erzeugte, der Ultrafiltrationsrate proportionale Frequenz steht am Ausgang der Steuereinheit (72) zur Verfügung.

Die Überwachungseinheit (74) übernimmt das Rückmeldesignal von der Rückmeldeeinrichtung (41) wobei die Rückmeldeimpulse auf ein Zähler gegeben werden, und errechnet in Minutenabständen den aktuellen Status.

Die Substituatpumpe (66) wird dagegen kontinuierlich betrieben, üblicherweise mit einem Spannungspotential von 0-10 V. Dementsprechend wird der in der Steuereinrichtung (72) vorgegebene Zahlenwert für die Substituatrate in einen Analogwert umgewandelt, wobei ein 8 Bit D/A-Wandler eingesetzt werden kann, was einer Ansteuerung in 39 mV-Schritten entspricht. Nach der Eichung der Substituatpumpe (66) mit maximaler Drehzahl kann die Steuereinheit (72) den jeweiligen binären Einstellwert für den D/A-Wandler bei der jeweiligen Fördermenge der Substituatpumpe (66) errechnen.

Die Überwachungseinheit (74) überwacht dagegen diese Drehzahl durch die auf der Pumpenmotorachse angebrachte Takscheibe und das optoelektronische Meßsystem, wobei der errechnete D/A-Wert über eine Tabelle in einen Frequenzwert gewandelt wird, der der Fördermenge proportional ist. Die Rückmeldung dieser Takscheibe wird auf

einen Zähler gegeben, der in Sekundenabständen gelesen wird, wobei vorteilhafterweise aus mehreren Zählerzuständen ein Mittelwert gebildet wird, der mit dem Tabellenwert verglichen wird.

Neben der Bilanzierung über die Förderraten der Ultrafiltrationspumpe (40) und der Substitutpumpe (66) wird von der Steuereinheit (72) und der Überwachungseinheit (74) die Bilanz auf einem zweiten Weg über das Gewicht überprüft. Hierzu wird das aktuelle Wägesignal, das der bis zum Meßzeitpunkt tatsächlich entnommenen Ultrafiltrationsmenge entspricht, mit dem aus den eingegebenen Daten Q_{Sub} , Q_{UF} und der Behandlungsdauer T errechneten Gewichtswert verglichen. Bei Abweichungen in Grenzen von ± 5 ml wird die Substitutpumpe (60) nachgeregelt. Bei einem Abdriften von mehr als 10 ml wird die Behandlung unterbrochen.

Die Heizeinrichtung (68) wird analog von der Steuereinheit (72) gesteuert und von der Überwachungseinheit (74) mittels des Temperatursensors (70) innerhalb vorstehender Temperaturgrenzen zwischen 36 und 42 °C überwacht.

25 Ansprüche

1. Verfahren zum Erkennen eines ersten Fehlers bei einer Blutbehandlung, bei der im extrakorporalen Blutkreislauf einem Patienten eine vorbestimmte Menge Ultrafiltrat mittels einer Ultrafiltrationspumpe (40) durch einen Filter entnommen wird und zugleich dem Blut eine vorbestimmte Menge Substitutionsflüssigkeit zugeführt wird, wobei die Ultrafiltrat- und Substitutionsflüssigkeitsmengen mittels einer Waage (58) gegeneinander bilanziert werden, indem der Ultrafiltratbehälter (60) und der Substitutionsflüssigkeitsbehälter (62) mit ihrem jeweiligen Inhalt gemeinsam gewogen werden, dadurch gekennzeichnet, daß als Ultrafiltrationspumpe (40) eine je Hub eine bestimmte Menge Ultrafiltrat födernde Pumpe eingesetzt wird, daß vor Beginn der Blutbehandlung durch eine vorbestimmte Anzahl von Hüben der Ultrafiltrationspumpe (40) eine bestimmte Ultrafiltrationsmenge auf die Waage (58) gefördert wird und das Wägeergebnis in eine Überwachungseinheit (74) eingegeben wird, daß aus den Rückmelddaten der Ultrafiltrationspumpe (40), die die Anzahl der Hübe umfassen, und dem Pumpvolumen der Ultrafiltrationspumpe (40) die von der Ultrafiltrationspumpe (40) geförderte Ultrafiltrationsmenge von der Überwachungseinheit (74) errechnet und mit dem Wägeergebnis verglichen wird, und nur bei Übereinstimmung eine Freigabe der Blutbehandlung erfolgt, daß die zu ultrafiltrierende Menge Q_{UF} , die zu verabreichende Substituatmenge Q_{Sub} und die Behandlungszeit T in die Überwachungseinheit (74) eingegeben werden, daß nach dem Start der Blutbehandlung die Überwachungseinheit (74) aus den

Parametern Q_{Sub} , Q_{UF} und T in bestimmten Zeitabständen den Sollwert für die momentan auf der Waage (58) befindliche Menge errechnet und den errechneten Wert mit dem von der Waage (58) gelieferten Wägeergebnis vergleicht und bei einem Abweichen der Werte voneinander um ein vorbestimmtes Maß einen Alarm auslöst und die Behandlung unterbricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn der Blutbehandlung weiterhin die Förderrate einer Substituatpumpe (66) je Umdrehung ermittelt und in die Überwachungseinheit (74) eingegeben wird und daß die Überwachungseinheit (74) aus der Anzahl der Umdrehungen der Substituatpumpe (66) die jeweils geförderte Substitutionsflüssigkeitsmenge errechnet, diesen Wert gegen die von der Ultrafiltratpumpe (40) geförderte Ultrafiltratmenge bilanziert, das Ergebnis mit dem aus den Parametern Q_{Sub} , Q_{UF} und T ermittelten Werten sowie mit dem Wägeergebnis vergleicht und bei einem Abweichen der Werte voneinander um ein vorbestimmtes Maß einen Alarm auslöst und die Behandlung unterbricht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umdrehung der Pumpenachse der Substituatpumpe (66) durch ein optoelektronisches Überwachungssystem (67), enthaltend eine Strichscheibe, die auf der Pumpenachse montiert ist, unabhängig von der Steuerung und dem Betrieb der Substituatpumpe (66) ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß man als Ultrafiltratpumpe (40) eine Hubkolbenpumpe mit einer Förderungsgenauigkeit von weniger als 1%, eine Waage (58) mit einer Wägegenauigkeit von weniger als 1% und als Substituatpumpe (66) eine peristaltische Rollenpumpe verwendet.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung der Ultrafiltratpumpe (40) und der Substituatpumpe (66) eine Steuereinheit (72) verwendet wird, die aufgrund der eingegebenen Parameter Q_{Sub} , Q_{UF} und T die aktuellen Blutbehandlungsdaten errechnet, wobei diese Daten mit den von der Überwachungseinheit (74) zugleich errechneten Daten im Kreuzvergleich ausgetauscht und verglichen werden und bei einem Abweichen um ein vorbestimmtes Maß ein Alarm ausgelöst wird.

6. Vorrichtung zum Erkennen eines Fehlers bei einer Blutbehandlung mit einem Filter, der durch eine Membran (14) in zwei Kammer (16,18) geteilt ist und durch dessen eine Kammer (18) ein extrakorporaler Blutkreislauf (22) und dessen andere Kammer (16) mit einer Ultrafiltrationseinheit verbunden ist, mit der mittels einer Ultrafiltratpumpe (40) aus der anderen Kammer (16) Ultrafiltrat entnommen wird, mit einer Substitutionseinheit, mit der mittels einer Substituatpumpe (66) dem Blutkreis-

lauf (22) eine Substitutionsflüssigkeit zugeführt wird, mit einer Waage (58), die die zugeführte Ultrafiltratmenge und die abgeförderte Substitutionsflüssigkeitsmenge gegeneinander bilanziert, indem der Ultrafiltratbehälter (60) und der Substitutionsflüssigkeitsbehälter (62) mit ihrem jeweiligen Inhalt gemeinsam gewogen werden, sowie mit einer Steuereinheit (72) zur Steuerung der Ultrafiltratpumpe (40) und der Substituatpumpe (66), dadurch gekennzeichnet,

a. die Ultrafiltratpumpe (40) taktbetrieben ist und je Takt eine bestimmte Menge Flüssigkeit fördert,

b. die Waage (58) mit einer Überwachungseinheit (74) verbunden ist,

c. die Ultrafiltratpumpe (40) über eine Rückmeldeeinrichtung (41) mit der Überwachungseinheit (74) verbunden ist und die Rückmeldeeinrichtung (41) die Taktimpulse der Ultrafiltratpumpe (40) an

20 die Überwachungseinrichtung (74) meldet, welche aus der Summe der Taktimpulse und dem Pumpvolumen der Ultrafiltratpumpe (40) die von der Ultrafiltratpumpe (40) geförderte Ultrafiltratmenge errechnet und vor Beginn der Blutbehandlung den errechneten Wert mit dem von der Waage ermittelten Wert vergleicht und

25 d. eine Eingabevorrichtung (76) mit der Überwachungseinheit (74) verbunden ist, über die die zu ultrafiltrierende Menge Q_{UF} , die zu substituierende Menge Q_{Sub} und die Behandlungszeit T eingebbar sind und daß die Überwachungseinheit (74) aus den Parametern Q_{UF} , Q_{Sub} und T in bestimmten Zeitabständen die momentan auf der Waage (58) befindliche Menge errechnet und den errechneten Wert mit dem von der Waage (58) gelieferten Wägeergebnis vergleicht und bei einem Abweichen der beiden Werte um ein vorbestimmtes Maß einen Alarm auslöst und die Behandlung unterbricht.

30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 96

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (72) und die Überwachungseinheit (74) über eine bidirektionale Leitung (98) miteinander verbunden sind und über diese Leitung im Kreuzvergleich die aus den Parametern Q_{sub} , Q_{UF} und T errechneten Daten austauschen.

5

11. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter ein Hämodialysator oder ein Hämodiafilter (12) ist, durch dessen andere Kammer (16) ein Dialysierflüssigkeitsweg (20) gelegt ist, der mit einer Dialysierflüssigkeitsquelle (30) verbunden ist und in dem ein Bilanziersystem (24) vorgesehen ist, das einen geschlossenen Dialysierflüssigkeitskreislauf bildet.

10

12. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter ein Hämofilter oder ein Plasmafilter ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

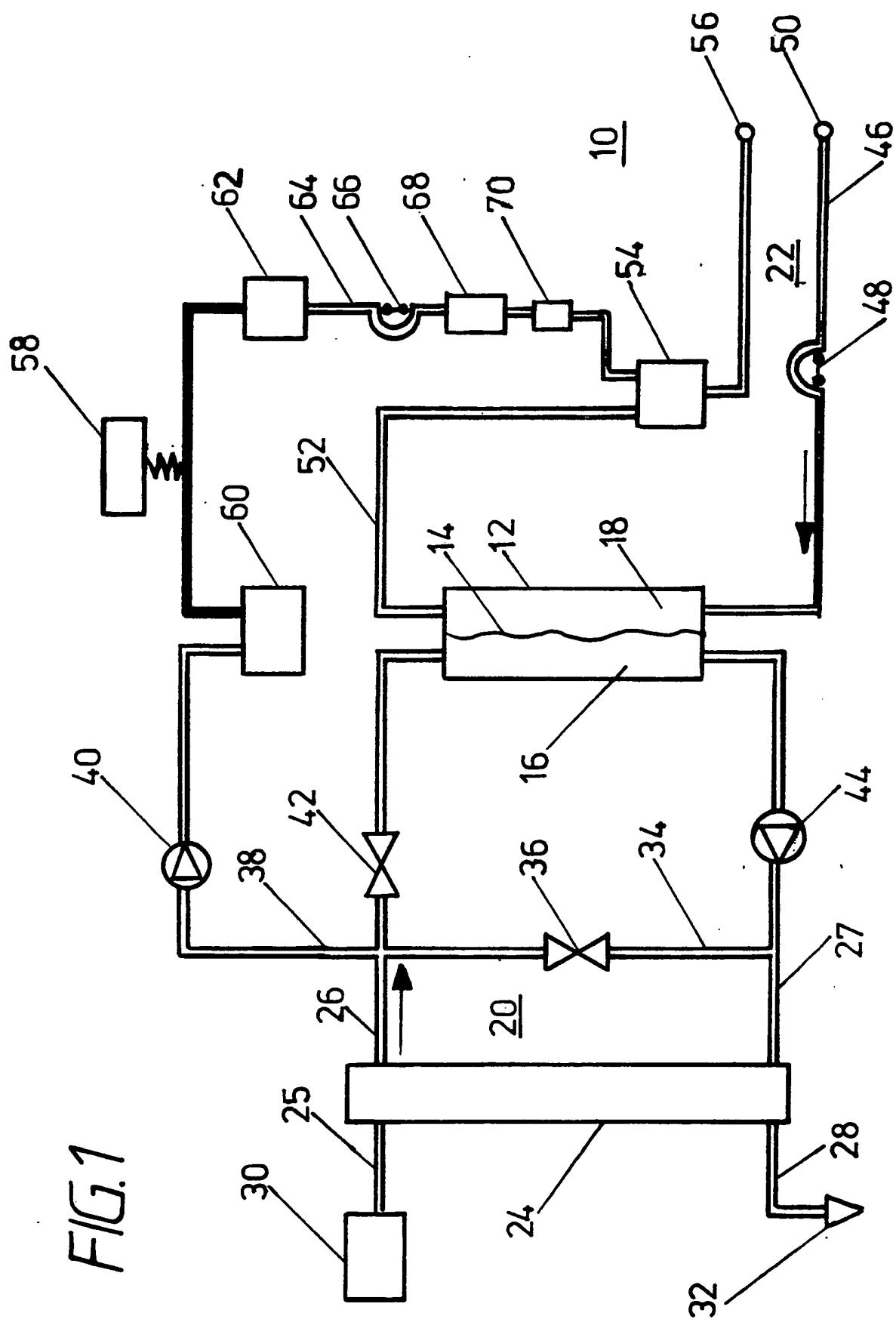


FIG. 2

